

Нормирование, мониторинг и управление качеством теплоснабжения в крупных теплофикационных системах с использованием новых методических принципов

к. т. н. Г. К. Вороновский, профессор, директор ГП «Харьковская ТЭЦ-5», к. т. н. К. В. Махотило, директор ООО «Институт системных исследований в энергетике», А. М. Ольшевский, заместитель директора Севрной электроэнергетической системы «Укрэнерго», к. т. н. С. А. Сергеев, директор ЧФ «Адаптивные системы»

(Начало, окончание в № 3 (март), 2002 г.)

Рассматривается новый методический подход и его применение для нормирования и мониторинга качества теплоснабжения в крупных теплофикационных системах.

Последние веяния в нормировании микроклиматического комфорта

Одним из важнейших событий последних лет в области нормирования микроклиматических параметров внутренней среды в жилых и административных зданиях стало получение официального признания подходом, развиваемым с середины 60-х годов отечественными и зарубежными гигиенистами. В соответствии с положениями, зафиксированными международным стандартом [1] и подтвержденными межгосударственным стандартом СНГ [2], в качестве комфортных стали рассматриваться такие «сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение теплового комфорта не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении». Фокусирование внимания на психофизиологических реакциях людей, тщательное изучение коллективных предпочтений в их представлениях о тепловом комфорте, — вот то главное, что отличает данный подход от известного из советского прошлого административного нормирования «благ цивилизации», опирающегося на принцип ограничения температурного перепада между воздухом и внутренней поверхностью ограждения пороговым значением, при котором на внутренней поверхности ограждения не образовывался бы конденсат [3].

Хотя упомянутые документы [1, 2] не имеют прямого отношения к регламентации режимов работы системы централизованного теплоснабжения (СЦТ), они, тем не менее, создают ту нормативную среду, к которой СЦТ придется так или иначе адаптироваться в ближайшее время. И чем быстрее такая адаптация произойдет, тем лучше будет и для массового потребителя, и для самой СЦТ, которая, уповая на административную поддержку властей, продолжает «оставаться мыслями в прошлом», чем подвергает себя риску растерять всех платежеспособных потребителей в обостряющейся конкурентной борьбе с автономными системами теплоснабжения и электроотопительными технологиями.

Неприглядность складывающейся ситуации усугубляется еще и теми опасениями, что вряд ли стоит рассчитывать на возможность серьезного техниче-

ского перевооружения СЦТ в обозримом будущем. Для дооборудования распределительных узлов тепловых сетей средствами вторичного регулирования по примеру западноевропейских систем ни у самих теплоснабжающих компаний, ни у регионов средств нет. Поэтому, в лучшем случае, речь может идти только о пересмотре методической базы управления режимами отпуска тепла от крупных источников теплоснабжения (районных котельных и ТЭЦ). О том, как можно увязать между собой перспективы модернизации принципов центрального качественного регулирования отпуска тепла (ЦКР) с современными требованиями к микроклиматическому комфорту в отапливаемых зданиях, и пойдет речь в настоящей статье.

«Сверхпотребление» электрической энергии и варочного газа в коммунально-бытовом секторе как индикатор качества теплоснабжения

Ключом к пониманию того, что происходит сегодня с режимами работы муниципальных энергоснабжающих комплексов, является признание того факта, что, на самом деле, бытовые потребители являются носителем векторного спроса на тепловую энергию (ТЭ), электрическую энергию (ЭЭ) и природный варочный газ (ПГ). Причем, в этой триаде спрос на тепло имеет заместительный характер, т.е. недоотпуск тепла от источников СЦТ может быть компенсирован увеличением потребления ЭЭ и ПГ посредством так называемого бытового дотопа жилищ и бытового догрева горячей воды. Объяснение этому феномену лежит на поверхности — бытовые потребители являются своего рода адаптивными агентами, которые активно используют доступный им электроотопительный или газоотопительный ресурс для компенсации промахов и ошибок, допущенных в режимах отпуска тепла через СЦТ.

Связный характер потребления электричества, газа и тепла в быту стал особенно заметен после 1995 года, когда деформация спектра потребления ТЭР приобрела достаточно общий и устойчивый характер. При этом опасная своими краткосрочными и долгосрочными последствиями практика принудительного «снижения» температурного отопительного графика утвердилась не только в энергодефицитной Украине, но и в богатой топливными ресурсами России (см., напр., [4]). По существу, график «рухнул», не ос-

тавив после себя даже намек на понимание того, где проходит разумная граница снижения, если такая существует вообще.

Тем не менее, именно системный характер произошедших изменений позволяет выстроить цепочку логических рассуждений, способных привести нас к более четкому пониманию сложившейся ситуации. Эти рассуждения включают следующие этапы.

Чем острее ощущается тепловой дискомфорт в квартирах, тем более интенсивным становится «сверхпотребление» ЭЭ и/или ПГ жилыми массивами. Следовательно, рассматривая «сверхпотребление» ЭЭ как меру неудовольствия бытовых потребителей микроклиматическими условиями в отапливаемых зданиях, можно оценить полноту удовлетворения спроса на тепло в коммунально-бытовом секторе. В частности, определяя принадлежность суточных объемов потребления ЭЭ W_k конкретным жилым массивом в k -тых сутках к тому или иному поддиапазону изменения электропотребления

$$\Omega_n = (\Omega_n, \Omega_n), n = 1, 4; \Omega_n = \Omega_{n+1}, \quad (1)$$

ассоциируемому с определенной степенью выраженности реакции неудовольствия бытовых потребителей, можно судить о реальном качестве теплоснабжения, обеспеченном фактическими объемами отпуски тепла.

Здесь Ω_n обозначает верхнюю границу n -того поддиапазона изменения электропотребления, а Ω_{n+1} — нижнюю границу следующего, в порядке ухудшения качества теплоснабжения, поддиапазона. При выполнении условия $W_k \in \Omega_1$ будем считать качество теплоснабжения отличным, а при выполнении условия $W_k \in \Omega_2$ — хорошим. Принадлежность суточного электропотребления к третьему, Ω_3 , или четвертому поддиапазону, Ω_4 , будем расценивать как признак удовлетворительного или, соответственно, неудовлетворительного качества теплоснабжения.

Оговорим сразу, в чем, на наш взгляд, состоит целесообразность введения такой системы градаций качества теплоснабжения.

В 1998 году был принят Закон Украины «Об электроэнергетике» [5], в котором впервые закреплена норма, что не только электрическая, но и тепловая энергия, выработанная на крупных ТЭЦ, является товаром. Раз так, то тепловая энергия должна продаваться, и цена на нее должна формироваться не просто с учетом издержек производства, как это имеет место сегодня, но и с учетом привлекательности и утилитарной ценности ее для потребителя.

Понятие товара неразрывно связано с представлениями о его качестве, мало того — с системой градаций качества, увязанной тем или иным образом с системой градаций цены на товар $C_1 > C_2 > C_3 > C_4$. Увязка эта может осуществляться, в принципе, любым из известных способов. Роль единственного ограничения здесь играют, опять-таки, общепринятые представления, что товару более высокого качества должна соответствовать более высокая цена.

В этих положениях нет ничего нового; оригинальность нашего замысла исчерпывается только тем, как интерпретировать эти азбучные положения экономической теории по отношению к сфере теплоснабжения. Разработав сегодня процедуру нормирования и оценки качества теплоснабжения, мы надеемся со временем отрегулировать систему цен на тепловую энергию, которая учитывала бы пространственную неоднородность и временную изменчивость качества теплоснабжения, имеющие место в крупных теплофикационных системах. В свою очередь, налаживание мониторинга экономичности работы СЦТ позволит обществу лучше осознать причины сохранения кризисной ситуации во всех ветвях муниципальной энергетики, а также поможет убедить массового потребителя в беспочвенности его претензий на хорошее или отличное качество теплоснабжения при существующем низком уровне расчетов за потребленное тепло.

Рассматриваемая проблема имеет еще один немаловажный аспект. В соответствии со ст. 9 другого Закона Украины — «О государственных социальных стандартах и государственных социальных гарантиях» [6], показатели качества жилищно-коммунальных услуг рассматриваются как государственные социальные нормативы, при помощи которых государство обеспечивает реализацию конституционного права гражданина на жилище. В этой связи, разработка методики нормирования и объективизации показателей качества теплоснабжения в крупных теплофикационных системах представляется крайне актуальной задачей, решение которой откроет пути для проведения эффективной рыночной реформы в жилищно-коммунальной сфере.

Для иллюстрации разработанной методики нормирования воспользуемся примером, описанным в [7].

В тепловой район Харьковской ТЭЦ-5 (ХарТЭЦ-5) входит Алексеевский жилой массив. Изучение многолетних архивов потребления ЭЭ этим массивом показало, что в периоды оттепелей, когда обыкновенно имеют место перетопы, его суточное потребление в декабрьские дни составляет 320-350 МВт·ч [8]. Это тот минимум, который, тем не менее, обеспечивает полноценное удовлетворение бытовых потребностей населения (освещение, приготовление и хранение пищи, стирка и глажка белья, пользование всеми бытовыми электроприборами, за исключением электрообогревательных). В периоды похолоданий суточные объемы электропотребления этим массивом возрастают, и тем сильнее, чем ниже опускается наружная температура.

Самое сильное за последние 10 лет снижение наружной температуры в Харьковском регионе наблюдалось 16 декабря 1997 года (-29 °C). В тот день суточное потребление ЭЭ Алексеевским жилмассивом достигло отметки 600 МВт·ч. Таким образом, ширина диапазона вариабельности суточного электропотребления ΔW составляет для этого массива в зави-

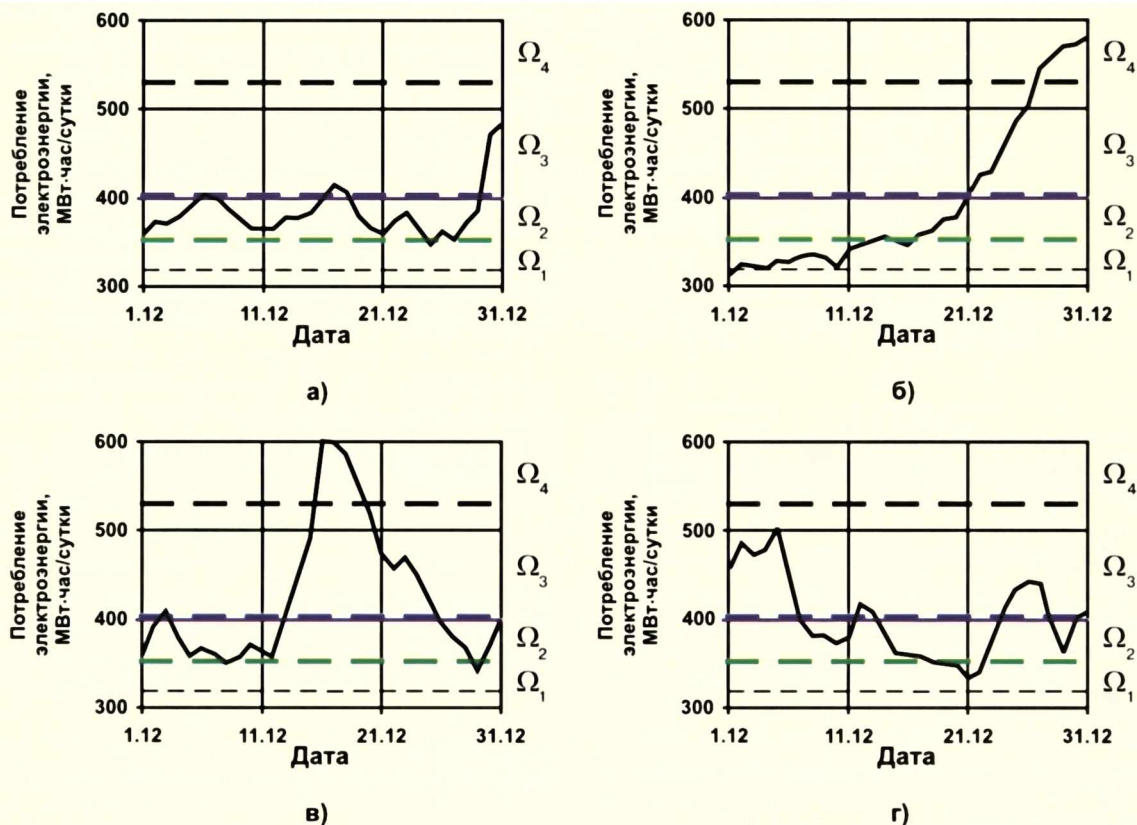


Рис. 1. Ретроспективный анализ качества теплоснабжения Алексеевского жилмассива в декабрьские месяцы разных годов: а) — 1995; б) — 1996; в) — 1997; г) — 1998.

симости от дефицита тепла в жилых помещения около 250 МВт·ч.

Полагая, не без оснований, что 16 декабря 1997 года не было ни одного потребителя, удовлетворенного качеством теплоснабжения, примем «сверхпотребление» ЭЭ в этот день за 100% электроотопительной реакции населения. Далее, если рассматривать динамику изменения суточного потребления ЭЭ жилым массивом как динамику изменения процентной численности потребителей, публично заявляющих о своем недовольстве режимами отпуска тепла от ТЭЦ включением электрообогревателей, мы можем интерпретировать эту реакцию в терминах индекса PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) [1], а используя затем известную связь между этим индексом и индексом PMV (Predicted Mean Vote), представленную в таблице 1, делать выводы о тепловом состоянии отапливаемых помещений.

Таблица 1. Распределение индивидуальных тепловых ощущений при различных тепловых условиях в климатической камере (по Фангеру).

Значение тепло-ощущения PMV	Вероятность неприятного ощущения PPD, %	Процент людей, оценивающих обстановку не хуже чем:		
		Комфортно	Слегка прохладно	Прохладно
0	5	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

Как показал сопоставительный анализ требований стандартов [1] и [2], выполненный в [9], оптимальные сочетания микроклиматических параметров, регламентируемые ГОСТом, обеспечивают значения индексов, близкие к комфортным: PMV = -0,25÷0,18; PPD = 5,0÷6,2%. Что же касается допустимых сочетаний микроклиматических параметров, то им соответствуют значения: PMV = -1,15÷0,55; PPD = 8,2÷28,6%.

Применяя указанные результаты к решению рассматриваемой задачи, мы сформировали следующим образом границы поддиапазонов суточного электропотребления Алексеевским жилмассивом, ассоциируемых с принятой системой градаций качества теплоснабжения.

Пусть границы поддиапазона Ω_1 совпадают с границами интервала электропотребления, реализующегося во время перетопов. Тогда верхняя граница первого поддиапазона $\bar{\Omega}_1$ пройдет по отметке 350 МВт·ч.

Границы поддиапазона Ω_2 выберем с учетом того, что даже при комфортных условиях около 5% респондентов все равно испытывают неприятные теплоощущения (см. табл. 1). Это дает основания предположить, что даже при перетопах 5% электрических обогревателей остаются включенными. Поэтому

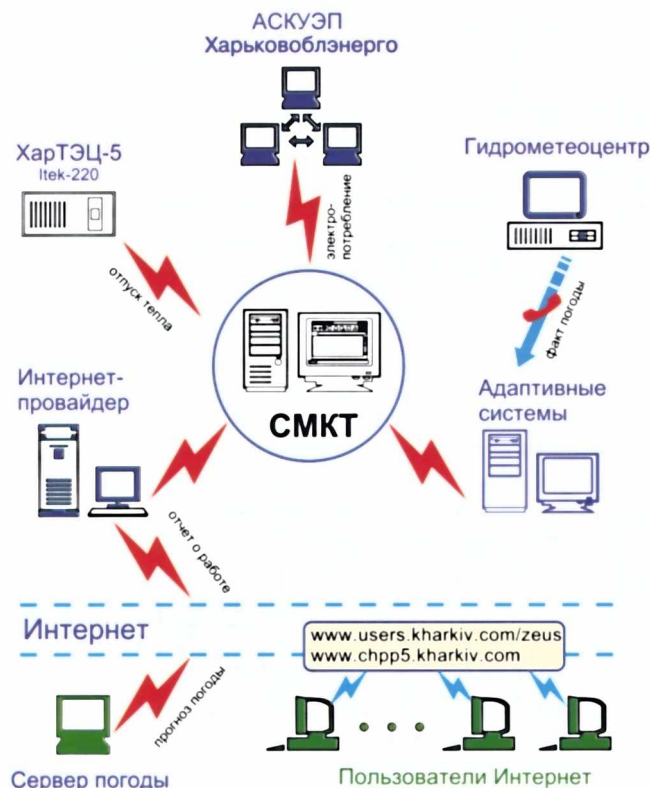


Рис. 2. Информационные потоки в СМКТ.

нижнюю границу второго диапазона совместим с верхней границей первого $\bar{\Omega}_2 = \bar{\Omega}_1 = 350 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$, а верхнюю границу второго поддиапазона определим как $\bar{\Omega}_2 = \bar{\Omega}_1 + (0,25 - 0,05) \frac{\Delta W}{1 - 0,05} \approx 400 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$.

Аналогичным образом поступим с третьим поддиапазоном, используя в качестве реперной точки данные из третьей строки табл. 1: $\bar{\Omega}_3 = \bar{\Omega}_2 = 400 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$;

$$\bar{\Omega}_3 = \bar{\Omega}_1 + (0,75 - 0,05) \frac{\Delta W}{1 - 0,05} \approx 535 \text{ МВт} \cdot \text{ч}.$$

Одновременно с верхней границей третьего поддиапазона определяется и нижняя граница четвертого поддиапазона: $\underline{\Omega}_4 = \bar{\Omega}_3 = 535 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$. Что же касается его верхней границы, она известна с самого начала: $\bar{\Omega}_4 = 600 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$.

После того, как границы поддиапазонов электропотребления определены, нам при определении реального качества теплоснабжения остается только идентифицировать принадлежность текущего уровня потребления ЭЭ к одному из них.

На рис. 1 представлены результаты ретроспективного анализа качества теплоснабжения Алексеевского жилмассива в декабрьские месяцы 1995–1998 гг. Они имеют вид месячных профилей суточного потребления ЭЭ, нанесенных на сетку границ поддиапазонов электропотребления. Последняя представлена на рисунке горизонтальными пунктирными линиями.

Как видно, сегодняшняя бессистемная практика регулирования отпуска тепла оборачивается отсут-

ствием стабильности качества теплоснабжения. Только в течение одного месяца (рис. 1, а) из рассматриваемых четырех качество было хорошим. В остальных случаях оно варьировало от «отличного» до «неудовлетворительного».

Наиболее удивительным является то, что наряду с серьезными недотопами, от которых страдает население, но которые трудно предотвратить из-за невозможности закупки нужного количества топлива, в системе неумолимо возникают перетопы, которых, казалось бы, нужно и можно было избежать. В такие периоды, идентифицируемые на рис. 1 по признаку $W_k < \bar{\Omega}_1$, не только возрастают потери через наружные ограждения зданий, но зачастую тепло просто выбрасывается на улицу через открытые окна и двери.

С этим трудно мириться, особенно в Украине, обеспеченной собственными запасами органического топлива чуть более чем на половину. Для предотвращения перетопов необходимо наладить оперативный мониторинг качества теплоснабжения и разработать такие алгоритмы управления выработкой тепла на крупных источниках, которые кроме традиционных исходных данных о состоянии теплового района активно обрабатывали бы информацию, получаемую в рамках изложенного подхода.

Необходимые условия и полезные приемы для налаживания оперативного мониторинга

Совершенно необходимым условием для налаживания мониторинга качества теплоснабжения является наличие не только развитой системы учета выработки тепла на крупных источниках, но также хорошо структурированной в территориальном отношении автоматизированной системы учета потребления ЭЭ или ПГ в коммунально-бытовом секторе [10]. Если мы говорим о тепловых районах крупных источников СЦТ, то в этом случае элементарной учетной единицей является не квартира и не отдельный дом, а целые кварталы жилых или административных зданий, получающие ЭЭ от одной или нескольких трансформаторных подстанций и ПГ — от общей газораспределительной станции [11].

В Харькове система мониторинга качества теплоснабжения (СМКТ), охватывающая пока только тепловой район ХартЭЦ-5, создана в 2000 году на базе ведомственной автоматизированной системы контроля и управления энергопотреблением (АСКУ-ЭП), принадлежащей АК «Харьковоблэнерго». Ее структура представлена на рис. 2. В качестве первичных узлов учета в АСКУЭП используются счетчики ЦТ5000, установленные со стороны потребителей на понижающих подстанциях 110/10 кВ городской электрической сети. Каждые 3 минуты коммуникационный сервер АСКУЭП опрашивает все узлы учета, вычленяет из информационного потока данные, касающиеся теплового района ХартЭЦ-5, группирует их по признаку территориальной принадлежности к тому или иному сегменту теплового

района, после чего пересылает их на информационный сервер АСКУЭП.

Каждые полчаса сервер другой системы — СМКТ — устанавливает коммутируемое соединение с информационным сервером АСКУЭП и забирает подготовленные для дальнейшего анализа данные по электропотреблению. Кроме того, от счетчиков тепловой энергии ИТЕК-220, установленных на выходных коллекторах ХарТЭЦ-5, на сервер СМКТ поступают данные о получасовых объемах отпуска тепла в городскую теплофикационную сеть.

Один раз в сутки сервер СМКТ связывается с одним из серверов погоды в Интернете, копирует и заносит прогноз погоды и суточную метеосводку о погоде в Харькове в собственную базу данных. Трехчасовые данные о текущей наружной температуре сообщает местный центр по гидрометеорологии.

На заключительном этапе суточного цикла обработки оперативной информации СМКТ генерирует отчет о качестве теплоснабжения различных сегментов теплового района ХарТЭЦ-5 и выставляет его на специально организованном сайте в Интернете.

Графическая поддержка СМКТ включает вывод на экран диспетчерского монитора суточного профиля потребления ЭЭ в текущих сутках для каждого из сегментов теплового района ХарТЭЦ-5 (в получасовом растре). Для удобства визуальной оценки текущего сигнала «сверхпотребления» ЭЭ на дотоп на экран выводятся еще три суточных профиля, первый из которых представляет собой нижнюю, второй — верхнюю границу первого поддиапазона потребления ЭЭ, а третий — верхнюю границу четвертого поддиапазона (прецедент максимального потребления). По существу, первые два профиля ограничивают для каждого получаса диапазон возможных колебаний электрической нагрузки, вызванных изменением естественной освещенности, транслированием интересных телевизионных программ и прочими факторами влияния, учет которых затруднен.

Кроме суточных профилей, СМКТ генерирует графики потребления ЭЭ, отпуска тепла и изменения наружной температуры за любое количество прошедших дней — в суточном растре (см. рис. 3). Это оказывается особенно удобным при принятии решения о начале или о завершении отопительного сезона. Наличие СМКТ позволяет контролировать реакцию недовольства населения тепловым состоянием жилищ не только во время, но и накануне отопительного сезона. Поэтому и решение о подаче тепла на отопление жилых массивов может быть принято на основании количественного анализа реакций «сверхпотребления» ЭЭ и ПГ, а не только по факту снижения среднесуточной наружной температуры ниже 8 °С.

В начале 2001 года Ассоциацией «УкрТЭЦ» была проведена общественная научно-техническая экспертиза СМКТ. 22 марта Рабочая Группа экс-

пертов, включающая представителей академической, отраслевой и ВУЗовской науки — ведущих специалистов в области автоматизации энергосистем, а также практических работников энергосектора, обладающих обширным опытом управления предприятиями муниципальной энергетики, на совместном заседании пришла к следующему заключению.

1. СМКТ представляет собой оригинальное по замыслу и обоснованное в техническом отношении решение прикладной задачи, имеющей большое практическое значение для совершенствования оперативного управления крупными теплофикационными системами.

2. СМКТ базируется на стандартных информационных технологиях и не требует больших финансовых затрат для реализации.

3. В условиях острого дефицита топлива СМКТ является эффективным средством контроля и нормализации спектра потребления тепловой, электрической энергии и природного газа в быту.

4. СМКТ делает сложную теплофикационную систему наблюдаемой. Использование данных, генерируемых СМКТ, для регулирования режимов отпуска тепла позволит на практике реализовать в сфере теплоснабжения требование равенства предложения спросу, руководствуясь объективными, а не расчетными показателями.

5. Наличие WEB-сайта в составе СМКТ делает прозрачной ситуацию в муниципальном ТЭК для общественности, устраняет информационные барьеры между ветвями энергоснабжения, а также между производителями и потребителями энергетической продукции.

6. Внедрение СМКТ способствует укреплению конкурентоспособности системы централизованного теплоснабжения.

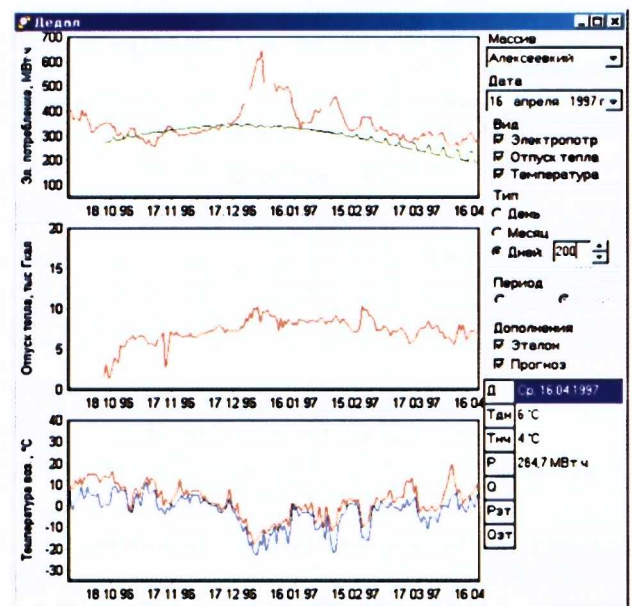


Рис. 3. Экран пользовательского интерфейса СМКТ.

НАКИПЬ

НАКИПЬ НЕ ОБРАЗУЕТСЯ!



в теплообменниках и котлах, если они оснащены акустическим противонакипным устройством

АКУСТИК-Т



ультразвуковой генератор "АКУСТИК-Т" уменьшает скорость образования накипи в 4 – 5 раз.

тел.: (095) 765 4313, 999 1740
www.chat.ru/~acoustic_ag.
e-mail: acoustic-ag@mtu-net.ru

7. Опыт, накопленный в процессе создания СМК на ХарТЭЦ-5, представляет собой весомый вклад в разработку научно-методических основ структурной перестройки систем управления муниципальными ТЭК постсоветского типа. Он может быть с пользой учтен для рационального использования энергоресурсов как в Украине, так и в других странах СНГ.

(Окончание следует).

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ – "НОВОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ" №7, ИЮЛЬ, 2001 Г.

ЛИТЕРАТУРА:


1. International standard. Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. ISO 7730. Second edition. 1994-12-15.
2. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. ГОСТ 30494-96. Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999.
3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд-е 4-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. – 240 с.
4. Шаралов В.И. Особенности теплоснабжения городов при дефиците топлива на электростанциях // Электрические станции. – 1999, № 10. – С. 63-66.
5. Закон України «Про електроенергетику» // Відомості Верховної Ради. – 1998, № 1. – ст. 1. – С. 2-3.
6. Закон України «Про державні соціальні стандарти та державні соціальні гарантії» // Відомості Верховної Ради. – 2000, № 48. – ст. 409.
7. Вороновский Г.К. Системный подход к оценке качества теплоснабжения жилых массивов // Энергетика и электрификация. – 2000, №7. – С. 33-38.
8. Вороновский Г.К., Ольшевский А.М., Сергеев С.А. Синтез эталонных суточных профилей потребления электрической энергии крупным жилым массивом города // Новини енергетики. – 2000, №10. – С. 28-38.
9. Малявина Е.Г. Новый ГОСТ на параметры микроклимата жилых и общественных зданий // АВОК. – 1999, № 5. – С. 5-10.
10. Деклараційний патент України на винахід № 40477 А. Автоматизована система контролю та управління споживанням тепла житловими масивами мегаполісу. МПК F24D 19/10 від 16.07.2001/ Г.К.Вороновський, Л.О.Золотухін, В.І.Корсуненко, К.В.Махотіло, О.М.Ольшевський, С.О.Сергєєв // Промислова власність. – № 6.
11. Вороновський Г.К., Ольшевський О.М., Сергєєв С.О. Про оптимальний ступень деталізації обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів в комунально-побутовому секторі // Енергетика і електрифікація. – 2000, №8. – С. 4-8.



11-15.03.02

Госстрой России,
ОАО "Росстройэкспо" и ЗАО "РСЭ-М"
с 11 по 15 марта 2002 г.
проводят в Москве
на территории выставочного комплекса
на Фрунзенской набережной, 30
в павильоне "ТРИУМФ"

3-ю выставку-ярмарку с международным участием





КРОВЛЯ И ИЗОЛЯЦИЯ

В выставке «Кровля и изоляция» в 2002 г. приняло участие около 100 фирм из 22 городов России и Белоруссии. На базе выставки было проведено 6 семинаров, на которых было сделано 34 доклада. В работе семинаров приняли участие представители 39 городов России, Белоруссии и Украины.

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Новые кровельные, гидро-, тепло-, пароизоляционные материалы.
- Материалы для строительства мостов, тоннелей.
- Материалы для инженерных коммуникаций.
- Оборудование и технологии устройств кровель, гидро- и теплоизоляции, антикоррозионной, биологической и огнестойкости.
- Сырье и оборудование для производства кровельных, гидро- и теплоизоляционных материалов.
- Методы контроля качества кровли и изоляции, измерительные приборы и аппаратура.

**Справки по телефонам: (095) 242-89-96, 257-23-59;
Тел./факс: 242-80-54; факс 246-74-24.**

E-mail: exgroup1@rse.commail.ru E-mail: exgroup2@rse.commail.ru
119146, Москва, Фрунзенская наб., 30.